

Nuevo inductor para mejorar el cuajado del fruto en árboles de clementina de Nules

A. Quiñones, B. Martínez-Alcántara, M.R. Martínez-Cuenca y F. Legaz* (Centro de Citricultura y Producción Vegetal. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). *e-mail: flegaz_fra@ivia.gva.es).
Chi Bacab, U. (Becario de la Fundación Pablo García. Gobierno del Estado de Campeche (México)).

INTRODUCCIÓN

España presenta una superficie dedicada a los cítricos de unas 273.000 ha en producción (MARM, 2007), lo que representa el 9% de la superficie de regadío y el 1,2% de la superficie agraria utilizable. La producción cítrica se encuentra localizada en cuatro comunidades autónomas: Comunidad Valenciana (Alicante, Castellón y Valencia), Andalucía (Almería, Córdoba, Huelva, Málaga y Sevilla), Murcia y Cataluña (Sur de Tarragona). La Comunidad Valenciana, con 188.000 ha, es la que posee mayor superficie cultivada, a pesar de la fuerte expansión que se ha producido en el resto de zonas. Del total de esta superficie, el 45% se dedica a la producción de naranja y el 38% a mandarinas. La producción de naranja se encuentra localizada fundamentalmente en la Comunidad Valenciana (56%) y Andalucía (35%); mientras que la producción de mandarina se concentra mayoritariamente (82%) en la Comunidad Valenciana. Cabe destacar la reducción progresiva que viene registrando el cultivo del naranjo en las últimas décadas, mientras que la superficie de mandarinos se ha duplicado. Este incremento es como consecuencia, no sólo, de la puesta en cultivo de nuevas superficies sino, especialmente, de un importante proceso de reconversión varietal. Ejemplo de este cambio de orientación cítrica lo constituye la Comunidad Valenciana, en la que mientras la superficie cítrica ha crecido menos de 9.000 ha, la destinada a mandarinos se ha incrementado en 47.000 ha en los últimos 30 años (ESTRUCH, 2007). De todas las variedades cultivadas, la clementina de Nules es la que ocupa mayor superficie de cultivo dentro del grupo de mandarinos clementinos (41%).

El número de frutos cuajados, más que el número de flores, es normalmente el factor limitante para una buena cosecha (GUARDIOLA, 1992). Por tanto, conocer este proceso, es el primer paso para controlar la producción final de los árboles (AGUSTÍ *et al.*, 1982). En relación a esto, la clementina de Nules, puede ser considerada una variedad con cuajado deficiente de fruto pues, en ausencia de polinización cruzada, produce una cosecha escasa (MEHOUCI, 2001), por lo que requiere de tratamientos fitorreguladores adecuados para mejorar el cuajado del fruto.

Diversos estudios señalan que el ácido giberélico (AG₃) sería el regulador de crecimiento de mejor comportamiento para aumentar el cuajado y la producción en cítricos (GUARDIOLA, 1992). En clementinas, el uso de éste mejora considerablemente el cuajado y reduce la abscisión de frutos (PRIMO-MILLO, 1994). El mejor momento de aplicación sería en caída de pétalos (AGUSTÍ y ALMELA, 1991; TALÓN *et al.*, 1999). En la actualidad, se viene realizando una aplicación foliar de AG₃ en la primera quincena de mayo, y a veces se repite la pulverización durante la caída de junio (unos 20 días después).

La posible prohibición de este producto ha llevado a la búsqueda de otros que mejoren el cuajado del fruto y sean compatibles desde el punto de vista medioambiental y sanitario. En este sentido Timac AGRO España S.A. ha desarrollado Maxifruit, un inductor al cuajado que potencia de forma natural los procesos fisiológicos que actúan en el cuajado, como alternativa al ácido giberélico.

En el presente estudio se evalúa la respuesta del AG₃ y Maxifruit sobre el cuajado del fruto y, concretamente, su efecto sobre la producción y calidad del fruto, así como, sobre otros parámetros característicos del estado nutritivo del cultivo, concentración foliar de macro y micronutrientes, índice de SPAD y contenido foliar de clorofila.

Materiales y métodos

Desarrollo experimental

El ensayo se llevó a cabo, durante tres años consecutivos, en una parcela comercial, de árboles adultos de Clementina de Nules (*Citrus clementina* Hort. Tanaka x *Citrus reticulata* Blanco) injertados sobre

citrange Carrizo (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*). El marco de plantación fue de 3,5 x 5,6 m (510 árboles.ha⁻¹), con un suelo de textura franco arcillosa (62,6% arena, 19,2% limo, 18,2% arcilla), pH 8,2, contenido en materia orgánica 1,03%, 1,6 kg.m⁻³ de densidad aparente y con niveles óptimos de fósforo y potasio asimilables.

El agua de riego presentó una conductividad eléctrica de 2,8 mS.cm⁻¹, un contenido medio en nitrato de 272±10mg.L⁻¹ y altas concentraciones de calcio y magnesio, 212 y 100 mg.L⁻¹, respectivamente. Los árboles se fertirrigaron mediante 2 líneas porta-goteros por cada fila de árboles, separadas cada una de ellas unos 100 cm del tron-

co. Cada árbol dispuso de 8 emisores autocompensantes con un caudal de 4 L.h^{-1} , situados a 88 cm entre ellos.

Para el cálculo de las dosis de abonado y su distribución estacional se siguieron los criterios establecidos por Legaz y Primo-Millo (2000) en cítricos con riego a goteo. Al inicio del estudio, el diámetro medio de la copa era de 3,10 m. De acuerdo a esta información, a cada árbol le correspondió una dosis de 400, 98 y $235 \text{ g árbol.año}^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente. La cantidad de N aportada con el agua de riego, calculada por la fórmula descrita por Martínez *et al.* (2002), representó el 84% de la dosis total de N. El resto se suministró como nitrato potásico y el fósforo se aplicó en forma de ácido fosfórico. La cantidad de agua aportada a cada árbol fue la equivalente a la evapotranspiración del cultivo (ETc), calculada de acuerdo con la expresión $\text{ETc} = \text{ETO} \times \text{Kc}_{\text{mensual}}$ (ABOUKHALED *et al.*, 1982) que, según los valores de la ETO de la estación agroclimática del IVIA y el $\text{Kc}_{\text{mensual}}$ de la plantación, supuso 5.138, 5.445 y $5.162 \text{ m}^3.\text{ha.año}^{-1}$ para los tres años de ensayo, respectivamente.

En este estudio se comparó la eficacia en la mejora del cuajado del ácido giberélico (AG_3) frente a Maxifruit, ambos aplicados por vía foliar hacia el final de la caída de pétalos.

Maxifruit contiene tres factores estimulantes: un precursor de la síntesis de ácido indol-acético, un precursor de la síntesis de citoquininas de la familia Zeatina y finalmente un estimulante de la concentración endógena de nucleótidos cíclicos mediante la inhibición de determinadas fosfodiesterasas. Los tres factores derivan de extractos vegetales orgánicos y actúan sinérgicamente con fósforo.

Se efectuaron 5 tratamientos: 3 concentraciones (0,25-0,50 y 1,00% v/v) de Maxifruit (1,23% p/v), una de AG_3 (1,6% p/v) a la dosis comercial (0,04% v/v) y un control. Los dos primeros años se realizó 1 sola aplicación de ácido giberélico y 2 de Maxifruit, espaciadas 22 días. El tercer año, esta segunda aplicación se repitió también en las parcelas que recibieron AG_3 . Además, en la primera de las pulverizaciones se aplicó Ziman al 0,5% p/v (Zn: 6,6% p/p y Mn: 4,8% p/p). En todos los tratamientos se aportó mojante al 0,05% v/v. Cada tratamiento se repitió 4 veces en la parcela de ensayo, utilizando 8 plantas por unidad experimental. El volumen promedio aplicado por árbol de ambos productos en cada una de las pulverizaciones osciló entre $5,0 \pm 0,3$, $6,3 \pm 0,2$ y $6,9 \pm 0,3$, para los años 2005, 2006 y 2007, respectivamente.



Una aplicación foliar fue suficiente para aumentar el cuajado del fruto.

Muestreos y métodos analíticos

Para conocer el efecto de los diferentes tratamientos sobre el estado nutritivo del arbolado, se tomaron muestras de hojas terminales de ramas de la brotación-floración de primavera (10 hojas por árbol) en noviembre (LEGAZ *et al.*, 1995). Las hojas fueron lavadas con detergente no iónico, enjuagadas varias veces con agua desionizada, congeladas con nitrógeno líquido y, posteriormente liofilizadas y trituradas. En la recolección (diciembre), se controló la producción muestreándose cuarenta frutos por cada réplica (5 frutos por árbol), para evaluar su calidad.

El nitrógeno total se determinó en las hojas de la brotación de primavera mediante análisis elemental (NC2500 Thermo Finnigan). Las determinaciones de fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, sodio, hierro, cinc, manganeso, boro y cobre se realizaron mediante un espectrómetro de emisión atómica con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES) tras una digestión nítrico-perclórica. En éstas también se determinó el índice de SPAD, en campo, con un medidor de clorofila portátil (SPAD-502, Minolta, Osaka, Japón) y el contenido en clorofilas total, a y b (Moran y Porath, 1980) mediante espectrofotometría (Shimadzu UV-1601). El análisis de la calidad estándar del fruto se realizó de acuerdo a los métodos descritos por González-Sicilia (1968) y se determinó peso del fruto, número de frutos por árbol, calibre, espesor de corteza, contenido en corteza más pulpa y zumo, sólidos solubles totales y acidez total en el zumo, índice de madurez e índice de color de la corteza.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para ver la influencia de los distintos tratamientos sobre los parámetros indicados anteriormente. Las diferencias entre medias se determinaron por medio del test LSD-Fisher, con un nivel de confianza del 95%.

Resultados

A continuación se exponen los resultados obtenidos en los 3 años de ensayo

Producción

En los árboles tratados con AG_3 y Maxifruit se incrementó considerablemente el cuajado del fruto, ya que dieron lugar a un mayor número de frutos que los árboles control en los 3 años de ensayo. El incremento en el número de frutos unido al hecho de que apenas se observaron diferencias en el calibre de los frutos, originó producciones significativamente superiores en los árboles tratados con ambos productos que en los del control (Tabla 1). La variación interanual observada en la producción es consecuencia de la alternancia propia de esta variedad.

Los valores promedio de incremento de la cosecha en los tratamientos de Maxifruit variaron entre 25, 20 y 17% para el primer, segundo y tercer año respectivamente (Figura 1).

En cuanto a la comparativa de la respuesta de Maxifruit frente al AG_3 , los resultados obtenidos reflejan que el nuevo producto no consiguió un efecto diferencial consistente sobre la producción. Si bien, aunque no fue significativo, se observó en la mayor parte de los tratamientos efectuados con

Macronutrientes	% (peso seco)	Micronutrientes	ppm (peso seco)
Nitrógeno (N)	2.40 a 2.60	Hierro (Fe)	60 a 100
Fósforo (P)	0.12 a 0.15	Cinc (Zn)	25 a 70
Potasio (K)	0.70 a 1.00	Manganeso (Mn)	25 a 60
Magnesio (Mg)	0.25 a 0.45	Cobre (Cu)	6 a 14
Calcio (Ca)	3.00 a 5.00	Boro (B)	30 a 100
Azufre (S)	0.20 a 0.30		
Sodio (Na)	<0.16		

Tabla 3. Interpretación de los análisis foliares de macro y micronutrientes en cítricos.

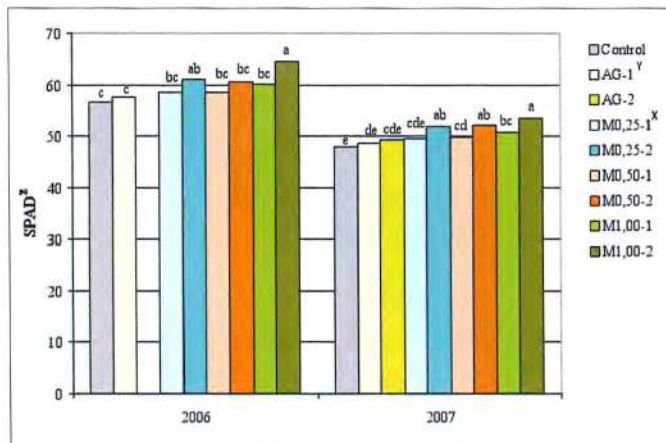


Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre el índice de SPAD en los dos últimos años del ensayo. ^Z: Cada valor es la media de cuatro repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. ^Y: El 1 y 2 indican el número de aplicaciones de AG₃. ^X: El primer número indica la concentración del producto y el segundo el número de aplicaciones.

del ensayo se mantuvieron en el estado nutritivo que se resume a continuación:

Óptimo: En general, las concentraciones foliares de N, P, K, Ca, S, Na, Fe, Zn, Mn y B se mantuvieron dentro de este rango. Sin embargo, la concentración de N observada en el segundo año fue ligeramente baja, posiblemente debido a que la producción fue considerablemente superior a la de los restantes años. Además, los niveles foliares de P y K del tercer año se mantuvieron ligeramente bajos en alguno de los tratamientos realizados (Tabla 4). Asimismo, en la mayoría de los árboles muestreados, los valores foliares de Zn y Mn del primer y segundo año se mantuvieron ligeramente bajos. En suelos calizos, las deficiencias de estos nutrientes se corrigen mediante la aplicación foliar de correctores de Zn y Mn. Esto indica que se debería incrementar ligeramente la única aplicación por vía foliar de Ziman al 0,5%, para situar estos nutrientes en el rango óptimo o muy próximo a éste.

Ligeramente alto:

Mg. Este nutriente se mantuvo en este rango en los 2 primeros años del estudio y cercano al límite superior del rango óptimo en el último año (Tabla 4). El elevado nivel foliar se debió al alto contenido de este elemento en el agua de riego.

Bajo: Cu. Este micronutriente permaneció en el rango bajo durante los 3 años de estudio, debido a que los mandarinos clementinos presentan una concentración foliar de Cu inferior al resto de cítricos (naranjos y clementinos satsumas).

De los estados nutritivos expuestos se desprenden dos aspectos: que los árboles del ensayo se han fertilizado de forma racional y, que las diferencias estadísticamente significativas encontradas en la mayoría de los nutrientes y para los di-

	Control	Acido giberélico ^a		Maxifruit ^b						ANOVA ^c
		AG ₂ -1	AG ₂ -2	M0.25%-1	M0.25%-2	M0.50%-1	M0.50%-2	M1.00%-1	M1.00%-2	
N	2.57ab	2.50bcd	2.49bcd	2.51bcd	2.59a	2.45d	2.54abc	2.50bcd	2.47bcd	*
P	0.107c	0.117abc	0.125a	0.109bc	0.117abc	0.118abc	0.117abc	0.115abc	0.117abc	*
K	0.64c	0.73abc	0.78ab	0.67bc	0.72abc	0.72abc	0.72abc	0.71abc	0.81a	*
Mg	0.49ab	0.42c	0.46ab	0.47ab	0.48ab	0.45bc	0.50a	0.45bc	0.47ab	*
Ca	3.8c	3.8c	4.2ab	3.8c	3.9bc	3.9bc	4.3a	4.1abc	4.3a	*
S	0.24c	0.26bc	0.28a	0.26bc	0.27ab	0.26bc	0.29a	0.27ab	0.28a	*
Na	0.120ab	0.081ab	0.062b	0.07ab	0.134a	0.065b	0.068b	0.058b	0.056b	*
Fe	75c	78bcd	79ab	76c	79abc	77de	79abc	77cd	80a	*
Zn	32ab	34a	32a	27ab	28ab	28ab	26ab	29ab	24b	*
Mn	28bc	29b	35a	27bc	27bc	26c	29b	27bc	28bc	*
Cu	3.2a	2.6b	3.0ab	3.1a	3.3a	3.2a	3.3a	3.4a	3.2a	*
B	52bc	52bc	53bc	53bc	48c	63a	62a	54b	61a	*

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de macro (% peso seco) y micronutrientes (ppm) en el último año^Z. ^Z: Cada valor es la media de cuatro repeticiones. ^Y: El 1 y 2 indican el número de aplicaciones de AG₃. ^X: El primer número indica la concentración del producto y el segundo el número de aplicaciones. ^W: ANOVA diferencias significativas entre medias debidas al tratamiento, según LSD-Fisher para $P < 0.05$ (*); no significativa (N.S.) Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos.

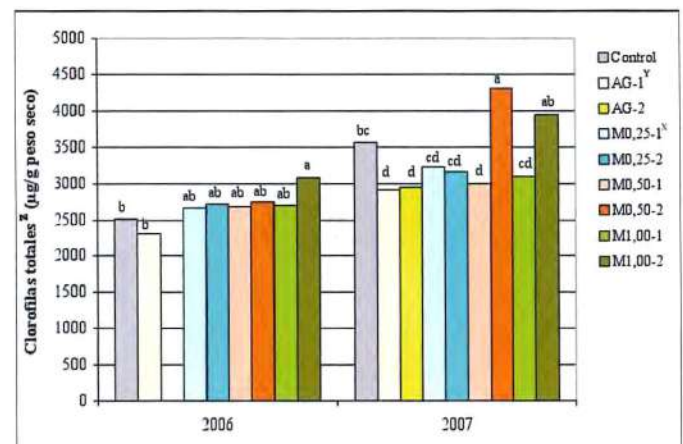


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de clorofila total en los dos últimos años del ensayo. ^Z: Cada valor es la media de cuatro repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. ^Y: El 1 y 2 indican el número de aplicaciones de AG₃. ^X: El primer número indica la concentración del producto y el segundo el número de aplicaciones.

ferentes tratamientos tienen poca relevancia agronómica, ya que concentraciones foliares dentro del intervalo del rango óptimo, o próximos a éste no afectan a la producción, a la calidad del fruto o al desarrollo vegetativo.

Índice de SPAD y contenido en clorofilas

Los valores del índice de SPAD aumentaron progresivamente en las hojas de la brotación de primavera de los árboles control hasta los tratados con las diferentes dosis y número de aplicaciones de Maxifruit. Por otro lado, los árboles que recibieron dos aplicaciones de este producto presentaron índices de SPAD más elevados que con un solo aporte en el año 2006, siendo significativamente más altos en el siguiente año. En ambos años, los árboles del con-

trol y los tratados con AG₃ mostraron los valores más bajos de este índice (Figura 3).

La clorofila total presentó una tendencia similar a la descrita para el índice SPAD en los tratamientos con Maxifruit; en cambio en los árboles del control y los tratados con giberélico se observó un comportamiento opuesto, dado que con la aplicación de AG₃ se redujo ligeramente el valor de este parámetro en el año 2006, y de forma significativa en el siguiente (Figura 4). La clorofila a y b siguieron una pauta similar a la descrita para la clorofila total (datos no presentados).

El mayor contenido en clorofilas e índice de SPAD podría ser reflejo de una mayor actividad fotosintética.

Conclusiones

De los resultados obtenidos en este estudio se concluye lo siguiente:

- Maxifruit presentó, a las dosis ensayadas, un comportamiento similar al ácido giberélico tanto en producción, como calidad del fruto y estado nutritivo del arbolado.
- Una aplicación foliar fue suficiente para aumentar el cuajado del fruto, aunque dos con las dosis 0,5 y 1,0% mejoraron notablemente el contenido en sólidos solubles, clorofila total y el índice de SPAD.

- Adicionalmente, este producto mejoró considerablemente la concentración de clorofila total en relación al AG₃.

De lo anteriormente expuesto se deduce que Maxifruit se presenta como una alternativa al ácido giberélico en la mejora del cuajado en Cítricos.

Agradecimientos: Expresamos nuestro agradecimiento a Eduardo Casanova que amablemente ha cedido la parcela experimental, así como a J. Giner, M.C. Prieto y T. Estellés por su apoyo técnico.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTÍ, M.; ALMELA, V. 1991. *Aplicación de fitorreguladores en citricultura*. Aedos. Barcelona, España. 269 p.
- AGUSTÍ, M.; GARCÍA-MARÍ, F.; GUARDIOLA, J.L. 1982. *The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange*. Sci. Hortic.17: 343-352.
- ESTRUCH V. 2007. *La citricultura española. Evolución y perspectivas de futuro*. En: Agricultura Familiar en España 2007. 126-140 [en línea]. Disponible en internet: [Fecha de acceso: 4 de octubre de 2008].
- GUARDIOLA, J.L. 1992. *Cuajado y crecimiento del fruto*. Levante Agrícola n°321: 229-242.
- LEGAZ, F.; PRIMO-MILLO, E. 2000. *Criterios para la fertilización de los cítricos en riego localizado por goteo*. En: Curso de fertirrigación de cítricos. Universitat Politècnica València. Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació. J. F. Giner (ed). 1: 137 – 155. Ed. M. V Phytoma-España, S. L.
- LEGAZ, F.; SERNA, M.D.; FERRER, P.; CEBOLLA, V.; PRIMO-MILLO, E. 1995. *Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimientos de toma de muestras. Servicio de Transferencia de Tecnología Agraria*. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Generalitat Valenciana. pp 24.
- LEGAZ, F.; QUINONES, A.; MARTÍNEZ-ALCANTARA, B.; PRIMO-MILLO, E. 2008. *Fertilización de los cítricos en riego a goteo (II): Mg y microelementos*. Levante Agrícola. 390: 8-12.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2007. *Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera* [en línea] Disponible en internet: <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm> [Fecha de acceso: 5 de agosto de 2008].
- MEOHUACHI, J. 2001. *Control hormonal del crecimiento y de la abscisión de los frutos cítricos. Efecto del estrés hídrico y de la disponibilidad de carbohidratos*. Memoria para el grado de Doctor Ingeniero Agrónomo, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. 189p.
- MORÁN, R.; PORTA, D. 1980. *Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-Dimethylformamide*. Plant physiology 65(3): 478-479.
- PRIMO-MILLO, E. 1994. *Regulación del cuajado del fruto en los cítricos*. Levante Agrícola N°326: 8-16.
- QUINONES, A.; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B.; PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ, F. 2007. *Fertilización de los cítricos en riego a goteo (I): N, P y K*. Levante Agrícola, 389: 380-395.
- TALÓN, M.; DELHOM, M.J.; SOLER, J.; AGUSTÍ, M.; PRIMO-MILLO, E. 1999. *Criterios de racionalización de las aplicaciones de ácido giberélico para la mejora del cuajado del fruto de los cítricos*. Levante Agrícola 128-133.
- VAL, J.; GIL, A.; AZNAR, Y.; MONGE, E.; BLANCO, A. 2000. *Nutritional study of an apple orchard as endemically affected by bitter-pit*. Acta Horticulturae 513: 493-512.